

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-057937
 (43)Date of publication of application : 13.03.1991

(51)Int.Cl. G01M 15/00
 F02D 45/00
 F02D 45/00
 G01M 19/00

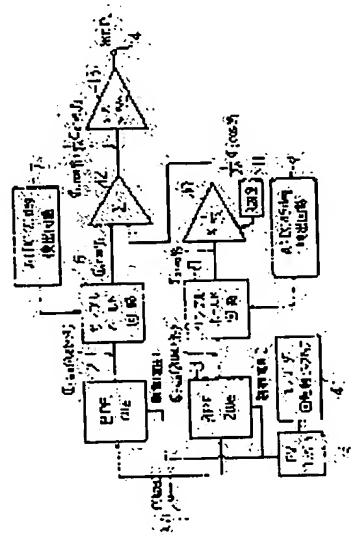
(21)Application number : 01-194811 (71)Applicant : TSUKASA SOTSUKEN:KK
 TSUCHIYA KAZUO
 (22)Date of filing : 27.07.1989 (72)Inventor : TSUCHIYA KAZUO

(54) METHOD AND APPARATUS FOR MEASURING OPERATING STATE OF CAPACITY TYPE THERMAL MACHINE

(57)Abstract:

PURPOSE: To enable fast and handy determination of information indicating an operating state by determining a fundamental wave component and harmonic components of a wave related to a stroke cycle in a capacity type machine in operator.

CONSTITUTION: In an output of a band filter 2, a primary component is sampled and held with a sampling and holding circuit 6 which is operated by an output signal of an ATDC 90 deg detection circuit 7 for detecting a crank angle of 90° after an upper dead point and C₁cosϕ1 is outputted. Likewise, in an output of a band filter 3, a secondary component is sampled and held with a sampling and holding circuit 6 which operates by an output signal of an ATDC 45 deg detection circuit 9 for detecting a crank angle of 45° or 225° after the upper dead point and C₂cosϕ2 is outputted. This C₂cosϕ2 is multiplied by 1/2λ with a multiplier 10 using λ applied with a λ setter 11. The results are added 12 to an output signal of the circuit 6 and multiplied by a coefficient π or π/2 with a multiplier 13 As a result, an output of the multiplier 13 is turned to Pi and outputted at an output terminal 14.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

JP-B-08-20339

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 特許公報 (B2)

(11)特許出願公告番号

特公平8-20339

(24) (44)公告日 平成8年(1996)3月4日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 01 M 15/00		Z		
F 02 D 45/00	3 6 8	Z		
	3 7 2	Z		
G 01 L 23/30				

請求項の数9(全15頁)

(21)出願番号	特願平1-194811	(71)出願人	99999999 株式会社司測研 東京都世田谷区玉堤1丁目19番4号
(22)出願日	平成1年(1989)7月27日	(71)出願人	99999999 土屋 一雄 神奈川県伊勢原市高森4丁目14番15号
(65)公開番号	特開平3-57937	(72)発明者	土屋 一雄 神奈川県伊勢原市高森4丁目14番15号
(43)公開日	平成3年(1991)3月13日	(74)代理人	弁理士 佐藤 一雄 (外3名)
			審査官 菊井 広行

(54)【発明の名称】 容積型機械の作動状態測定方法および測定装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室内の圧力変化を表す指圧波形信号を、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前記基

2

本波成分の整数倍の高調波成分を取り出す第2の帯域フィルタによりフィルタリングし、これらをそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングした瞬時値を次式、

(2)

4

$$P_i = \begin{cases} \pi \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

ただし

 C_1, C_2, C_4 は振幅、 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$ は位相差

にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わ

す図示平均有効圧力値を求ることを特徴とする容積型*20

* 機械の作動状態測定方法。

【請求項2】前記フィルタリングが、基本波成分を取り出す第1のフィルタと2倍の周波数成分を取り出す第2のフィルタを通す過程であり、前記基本波成分と前記2倍の周波数成分により、次式

$$\{P_i\}_{12} = \begin{cases} \pi \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

にしたがって合成することにより図示平均有効圧力値の近似値を求ることを特徴とする請求項1記載の容積型機械の作動状態測定方法。

【請求項3】作動状態にある容積型機械の行程サイクル※

$$\{P_i\}_1 = \begin{cases} \pi C_1 \cos \varphi_1 & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} C_1 \cos \varphi_1 & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

ただし、

 C_1 は、振幅、 φ_1 は位相差

にしたがって粗い近似の図示平均有効圧力値を得ることを特徴とする容積型機械の作動状態測定方法。

【請求項4】前記容積型機械が往復動エンジンであり、前記行程サイクルに関連した角度は上死点を基準として求められることを特徴とする請求項1または3記載の容

40 積型機械の作動状態測定方法。

【請求項5】作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室の圧力変化を表す指圧波形信号について、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前記基本波成分の整数倍の高調波成分を取り出す第2の帯域フィルタと、これらのフィルタによりフィルタリングした値をそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングして瞬時値を得るサンプリング手段と、このサンプリング手段でのサンプリング結果を次式、

$$P_i = \begin{cases} \pi \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (2 \text{ サイクル}) \end{cases}$$

ただし

$$C_1, C_2, C_4$$

は振幅、 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$ は位相差

にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わす図示平均有効圧力値を求める演算手段を備えたことを*

$$\{P_i\}_{12} = \begin{cases} \pi \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (2 \text{ サイクル}) \end{cases}$$

にしたがって合成することにより図示平均有効圧力値の近似値を求めるものであることを特徴とする請求項5記載の容積型機械の作動状態測定装置。

【請求項7】作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室内的圧力変化を表す指圧波形信号につき

$$\{P_i\}_1 = \begin{cases} \pi C_1 \cos \varphi_1 & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} C_1 \cos \varphi_1 & (2 \text{ サイクル}) \end{cases}$$

ただし、

$$C_1$$

は、振幅、 φ_1 は位相差

にしたがって粗い近似の図示平均有効圧力値を得る演算手段を備えたことを特徴とする容積型機械の作動状態測定装置。

【請求項8】前記容積型機械が往復動エンジンであり、前記行程サイクルに関連した角度は上死点を基準として求められることを特徴とする請求項5または7記載の容積型機械の作動状態測定方法。

【請求項9】前記容積型機械の行程サイクルに比例した

* 特徴とする容積型機械の作動状態測定装置。

【請求項6】前記フィルタリング手段が、基本波成分を取り出す第1のフィルタと2倍の周波数成分を取り出す第2のフィルタであり、前記演算手段は前記基本波成分と前記2倍の周波数成分により、次式

※いて、基本波成分を取り出す帯域フィルタと、この帯域フィルタによりフィルタリングした値をそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングして瞬時値を得るサンプリング手段と、このサンプリング手段でのサンプリング結果を次式、

(4 サイクル)

(2 サイクル)

電圧を発生する回転検出手段をさらに備え、前記帯域フィルタはその中心周波数が前記回転検出手段の出力に応じて上昇する形式のものである請求項5または7記載の作動状態測定装置。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は容積型機械の状態測定方法および測定装置に関するもので、特に、自動車用エンジンにおける図示平均有効圧力を簡易的に測定する方法および装置に関する。

ここで容積型機械とは、機械の中にある空間に1サイクルごとに積極的に作業流体を流入させて、その空間の

体積を境界面の移動によって動力や圧力を作り出すものである。すなわち、容積型機械には熱機関に限らず、流体機械（圧縮機、ポンプ、水力モータ、油圧モータ等）、熱機関の逆サイクルによる冷凍機等も含まれる。

〔従来の技術〕

半導体技術の飛躍的な発展に伴い、自動車用エンジンのコンピュータ制御が広く行われるようになっている。このようなコンピュータ制御の一つの目的は燃費を改善することにあり、そのためにはエンジンを稀薄限界になるべく近い状態で運転することが必要である。

しかし、そのようなエンジン制御を行おうとするとき、制御目標である稀薄限界そのものが回転速度、負荷、大気状態などによって悪化するため、制御が困難で*

*あるという問題がある。また、稀薄限界を超えると、燃焼変動や失火の増加によってドライバビリティや排気特性が急激に変化することも大きな問題である。したがって、従来のような空燃比のみに着目したエンジン制御では制御目標を稀薄限界よりも過濃側に設定しており、高精度の制御は行われていないことが多い。

このため、ドライバビリティや排気特性のある水準に保ちながら、稀薄域での制御精度を上げるために、エンジンの燃焼状態を直接示す、図示平均有効圧 P_i をエンジン制御情報として用いることが有益であり、かつ望まれる。

この図示平均有効圧 P_i は、 P を燃焼室内圧力、 V をその容積、 V_s を行程容積として以下のように定義される。

$$P_i = \frac{1}{V_s} \oint P dV \quad (1)$$

これを実際に求めるには式(1)を離散化した次の※※(2)式によって P_i が算出されている。

$$P_i = \frac{1}{V_s} \sum_{j=0}^n \frac{P_{j+1} - P_j}{2} (V_{j+1} - V_j) \quad (2)$$

ここで、 P_i は例えばA/D変換器により等クランク角（例えば 1° ）ごとにサンプリングされた n 個のデータのうち上死点から数えて j 番めの圧力データ、また V_i はその時の燃焼室内容積を意味する。すなわち、指圧線図から読み取った圧力値とエンジン諸元から定まる燃焼室内容積変化との積を、1サイクルにわたって数値積分すればよい。

(2)式はマイクロプロセッサ等を用いて実行することができ、このような方式による装置は P_i メータとして市販されている。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、この方法では、クランク角に同期させて圧力データをサンプリングするA/D変換器や、角度に対する容積のデータをメモリ内に持つていなければならない。例えば4サイクルエンジンの場合で 1° ごとにサンプリングを行うものとすれば圧力と容積で合計720個のデータを扱わなければならない。その結果、必然的に

メモリ容量と演算時間の増大を招く。

したがって、この方法は実験室用途としては十分であっても現実の自動車用エンジンの P_i 制御用には適用が困難である。

したがって、本発明は作動状態を表わす情報を、高速かつ簡便に求めることのできる容積型機械の作動状態測定方法およびそのための装置を提供することを目的とする。

〔課題を解決するための手段〕

本発明にかかる容積型機械の作動状態測定方法によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室の圧力変化を表す指圧波形信号を、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前期基本波成分の整数倍の高調波成分を取り出す第2の帯域フィルタによるフィルタリングし、これらをそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングした瞬時値を次式、

$$\begin{aligned}
 &= \pi \left[\mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) \mathbb{C}_2 \cos \varphi_2 \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{16\lambda^3} \mathbb{C}_4 \cos \varphi_4 \right] \quad (4 \text{サイクル}) \\
 P_i = &\left\{ \begin{array}{l} \frac{\pi}{2} \left[\mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) \mathbb{C}_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} \mathbb{C}_4 \cos \varphi_4 \right] \end{array} \right. \quad (2 \text{サイクル})
 \end{aligned}$$

ただし

$$\mathbb{C}_1, \mathbb{C}_2, \mathbb{C}_4$$

は振幅、 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$ は位相差

にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わ*

$$\{P_i\}_{12} = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{\pi}{2} \left[\mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \mathbb{C}_2 \cos \varphi_2 \right] & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[\mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \mathbb{C}_2 \cos \varphi_2 \right] & (2 \text{サイクル}) \end{array} \right.$$

にしたがって合成して図示平均有効圧力値の近似値を求ることにより、より簡略な測定が可能となる。

本発明にかかる容積型機械の作動状態測定方法によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連

* す 図示平均有効圧力値を求ることを特徴とする。
前記フィルタリングが、基本波成分を取り出す第1のフィルタと2倍の周波数成分を取り出す第2のフィルタを通す過程であり、前記基本波成分と前記2倍の周波数成分により、次式

$$\{P_i\}_1 = \left\{ \begin{array}{ll} \pi \mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \mathbb{C}_1 \cos \varphi_1 & (2 \text{サイクル}) \end{array} \right.$$

ただし、

$$\mathbb{C}_1$$

は振幅、 φ_1 は位相差

にしたがって粗い近似の図示平均有効圧力値を得ることにより、さらに簡略な測定が可能となる。

前記容積型機械が往復動エンジンであり、前記行程サイクルに関連した角度は上死点を基準として求められると良い。

※し、燃焼室内の圧力変化を表す指圧波形信号を、基本波成分を取り出す帯域フィルタによりフィルタリングし、これを行程サイクルに関連した角度でサンプリングした瞬時値を次式、

また、本発明にかかる容積型機械の作動状態測定装置によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室内の圧力変化を表す指圧波形信号について、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前記基本波成分の整数倍の高調波成分を取り出す第2の帯域フィルタと、これらのフィルタによりフィルタリングした値をそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングして瞬時値を得るサンプリング手段と、

このサンプリング手段でのサンプリング結果を次式、

(6)

12

$$P_i = \begin{cases} \pi \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) C_2 \cos \varphi_2 \right. \\ \left. - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

ただし

 C_1, C_2, C_4

は振幅、 $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$ は位相差
にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わす図示平均有効圧力値を求める演算手段を備えたことを*

* 特徴とする。

前記フィルタリング手段が、基本波成分を取り出す第1のフィルタと2倍の周波数成分を取り出す第2のフィルタであり、前記演算手段は前記基本波成分と前記2倍の周波数成分により、次式

$$\{P_i\}_{12} = \begin{cases} \pi [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2] & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2] & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

にしたがって合成することにより図示平均有効圧力値の近似値を求めるものであると良い。

本発明にかかる容積型機械の作動状態測定装置によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室の圧力変化を表す指圧波形信号について、*

$$\{P_i\}_1 = \begin{cases} \pi C_1 \cos \varphi_1 & (4 \text{サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} C_1 \cos \varphi_1 & (2 \text{サイクル}) \end{cases}$$

ただし、

 C_1 は振幅、 φ_1 は位相差

にしたがって粗い近似の図示平均有効圧力値を得る演算手段を備えたことを特徴とする。

前記容積型機械が往復動エンジンであり、前記行程サイクルに関連した角度は上死点を基準として求められることが好ましい。

前記容積型機械の行程サイクルに比例した電圧を発生する回転検出手段をさらに備え、前記帯域フィルタはそ

30※ 基本波成分を取り出す帯域フィルタによりフィルタリングした値をそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングして瞬時値を得るサンプリング手段と、このサンプリング手段でのサンプリング結果を次式、

(4サイクル)

(2サイクル)

40 の中心周波数が前記回転検出手段の出力に応じて上昇する形式のものであると良い。

〔作用〕

発明者の研究によれば、指圧線図には種々の周波数成分が含まれており、この中には熱機関状態に関連する情報も含まれている。このため、特定成分を取り出すことにより熱機関状態を表わす情報を取出すことができる事が判明した。例えば、後述するように、指圧波形からエンジンの回転速度の1, 2, 4倍の周波数成分を抽出して合成することにより、図示平均有効圧 P_i を簡便に精度良く取り出すことができる。

〔実施例〕

まず、最初に本発明の原理を詳細に説明する。

ここでは動力伝達がピストン・クランク機構で行われる往復動エンジンの場合をとりあげる。

一般にある周期Tで繰返されている現象は、角速度 ω
(= $2\pi/T$) の整数倍の角速度を持つ調和振動の合成と*

$$P(\omega t) = P(h \omega_e t)$$

$$= \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin(k h \omega_e t + \phi_k) \quad (3)$$

である。

ここで、tは時間を、また C_k 、 ϕ_k は各調和成分の振幅と位相であり、 a_0 は $P(\omega t)$ の平均値を示す。

*として、フーリエ級数の形で表現することができる。

いま、燃焼室内圧力変化(指圧波形) $P(\omega t)$ の角速度 ω とエンジンの角速度 ω_e との間には $\omega = h \omega_e$
。(4サイクル機関: $h=1/2$ 、2サイクル機関: $h=1$)
関係があることを考慮して $P(\omega t)$ をフーリエ級数の形で表わすと

$$V = V_c + A r \left\{ 1 - \cos \theta_e + \lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1}{\lambda^2} \sin^2 \theta_e} \right] \right\}$$

$$\begin{aligned} &= V_c + A r \left[\left(1 + \frac{1}{4\lambda} + \frac{3}{64\lambda^3} \right) - \cos \theta_e \right. \\ &\quad - \left(\frac{1}{4\lambda} + \frac{1}{16\lambda^3} \right) \cos 2\theta_e \\ &\quad \left. + \frac{1}{64\lambda^3} \cos 4\theta_e \right] \quad (4) \end{aligned}$$

ただし r :クランク半径、 l :コンロッド長さ、 $\lambda = l/r$ ★下のように表わせる。
であり、したがって容積変化 dV は(4)式を微分して以★

$$\begin{aligned} dV &= A r \left[\sin \theta_e + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) \sin 2\theta_e \right. \\ &\quad \left. - \frac{1}{16\lambda^3} \sin 4\theta_e \right] d\theta_e \quad (5) \end{aligned}$$

ここで $\theta_e = \omega_e t$ の関係、並びに式(3)、(5)を用いて式(1)の積分(ただし積分区間は $0 \leq \theta_e \leq 2\pi/h$)を行うと、図示平均有効圧 P_i が以下のように求められる。

$$\begin{aligned}
 P_i &= \frac{1}{2} \int_0^{15} \frac{2\pi}{h} \left[\frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} C_k \sin (kh\omega_c t + \phi_k) \right] \\
 &\quad \times \left[\sin \theta_e + \frac{1}{2\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) \sin 2\theta_e \cdot \right. \\
 &\quad \left. - \frac{1}{16\lambda^3} \sin 4\theta_e \right] d\theta_e \\
 &= \frac{1}{2} \left[\{C_k \frac{\pi}{h} \cos \phi_k\}_{k=\frac{1}{h}} \right. \\
 &\quad + \frac{1}{4\lambda} (1 + \frac{1}{4\lambda^2}) \{C_k \frac{2\pi}{h} \cos \phi_k\}_{k=\frac{2}{h}} \\
 &\quad \left. - \frac{1}{32\lambda^3} \{C_k \frac{2\pi}{h} \cos \phi_k\}_{k=\frac{4}{h}} \right] \quad (6)
 \end{aligned}$$

ここで、式(6)に注目しながら、式(3)から P_i に
関与する周波数成分を取出すと、4サイクル機関では $h = 1/2$ より
 $C_1 \sin(\omega_e t + \phi_2)$, $C_2 \sin(2\omega_e t + \phi_4)$, $C_4 \sin(4\omega_e t + \phi_8)$ (7)

一方、2サイクル機関では $h = 1$ より、
 $C_1 \sin(\omega_e t + \phi_1)$, $C_2 \sin(2\omega_e t + \phi_2)$, $C_4 \sin(4\omega_e t + \phi_4)$ (8)

となる。
すなわち、4サイクル・2サイクルのいずれの機関に

おいても、 P_i は圧力波形に含まれるエンジン角速度の
1、2、4倍の周波数成分によってのみ定まることが明
らかである。4サイクル・2サイクル両機関での記号の
統一を図るため、ここで回転速度の1、2、4次成分の
振幅を単に

$$C_1, C_2, C_4,$$

また位相差を ϕ_1, ϕ_2, ϕ_4 と置くと、図示平均有効圧 P_i は式(6)より結局次のように表わすことができる。

$$P_i = \begin{cases} \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) C_2 \cos \varphi_2 - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} \left(1 + \frac{1}{4\lambda^2} \right) C_2 \cos \varphi_2 - \frac{1}{16\lambda^3} C_4 \cos \varphi_4 \right] & (2 \text{ サイクル}) \end{cases} \quad (9)$$

(9) 式は、指圧波形からエンジン回転速度の1、2、4倍の周波数成分を抽出し、これらの波形に基づいて式(9)の演算を行えば、 P_i の検出が可能となることを示唆している。

このような測定原理が妥当であることは表1の結果より明らかである。

表は熱機関としてシバウラ・4サイクル空冷ガソリン機関（ボア*ストローク:78mm*62mm、行程容積:296cm³、圧縮比:7.4、点火時期:BTDC 23deg）を用い、これから得られた指圧線図によって、計算上で式(9)の妥当性を確認したものである。なお、運転条件は回転速度2430~2510rpm、スロットル開度4/4、また空燃比A/Fは*

* 8.7~17.2である。

表1における比較の基準値は、クランク角1度ごとにサンプリングされた720個の圧力データを用い、式(1)をシンプソンの1/3則により数値積分して求めた図示平均有効圧 $\{P_i\}_0$ であり、同圧力データを調和分析して求めた各成分の振幅、位相から、 P_i は式(9)、また $\{P_i\}_{12}$ は式(9)右辺第二項の $1/4\lambda^2$ と第三項を省略した式(10)、 $\{P_i\}_1$ は式(9)右辺第一項以外の項を全て省略した式(11)からそれぞれ計算した平均有効圧である。また誤差e(%)は
 $| \{P_i\}_0 - \text{計算値} | * 100 / \{P_i\}_0$ として算出している。

$$\begin{aligned} \{P_i\}_{12} &= \begin{cases} \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} \left[C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2 \right] & (2 \text{ サイクル}) \end{cases} \quad (10) \\ \{P_i\}_1 &= \begin{cases} \frac{\pi}{2} C_1 \cos \varphi_1 & (4 \text{ サイクル}) \\ \frac{\pi}{2} C_1 \cos \varphi_1 & (2 \text{ サイクル}) \end{cases} \quad (11) \end{aligned}$$

表 測定原理の妥当性(平均有効圧の単位:k_{sf}/cm³)

基準値	式(9)		式(10)		式(11)		空燃比
	{P _i } ₀	P _i	e(%)	{P _i } ₁₂	e ₁₂ (%)	{P _i } ₁	e ₁ (%)
6.193	6.190	0.047	6.182	0.187	5.664	8.54	8.7
6.513	6.516	0.042	6.507	0.092	5.984	8.13	13.7
6.343	6.344	0.028	6.366	0.104	5.836	7.99	15.6
5.933	5.932	0.013	5.925	0.135	5.499	7.32	17.2

表から明らかなように、式(1)の数値積分結果である基準値{P_i}₀と式(9)によるP_iとの差は0.05%以内、{P_i}₁₂との差は0.2%以内である。このことから、先の測定原理の妥当性が確認され、P_iおよび{P_i}₁₂の値は十分実用になる値である。また、{P_i}₁でも9%以内であり、測定用途によっては実用になる値である。

第1図は、本発明の一実施例にかかるPiメータの概要を示すブロック図である。ここでは簡略化のために2次までの周波数成分を使用する形式のものを示している。

入力指圧波形P(hω_ct)は入力端子1に与えられ、この指圧波形は第1次成分および第2次成分に対応する2つの帯域フィルタ2および3にそれぞれ入力される。これらの帯域フィルタの中心周波数(例えば第1次成分用としては100Hz程度)は、ロータリエンコーダ等のエンジン回転数検知器4により検知されたエンジン回転数に基づきFVコンバータ5で制御電圧V1およびV2の値によって自動的に変化させられる。すなわち、エンジン回転数が増加するとFVコンバータから発生される電圧は上昇し、この電圧に比例してフィルタの中心周波数は上昇することになる。は、発明者の実験により中心周波数の設定精度がPiの計測精度に非常に大きな影響を及ぼすことが判明している為である。

このように、フィルタにより指圧波形をフィルタリングするのみで必要な情報を簡便に得ることができる。

帯域フィルタ2の出力

$$C_1 \sin(\omega_c t + \varphi_1)$$

は上死点後のクランク角90°を検出するATDC90deg検出回路7の出力信号で動作を行うサンプルホールド回路6により第1次成分がサンプルホールドされ、

$$C_1 \cos \varphi_1$$

が出力される。同様に、帯域フィルタ3の出力

$$C_1 \sin(\omega_e t + \varphi_1) \text{ または } C_2 \sin(\omega_e t + \varphi_2)$$

からサンプルホールド部21で

$$C_1 \sin \varphi_1 \text{ または } C_2 \sin \varphi_2$$

を求めると共にピークホールド部22で

$$* C_2 \sin(2\omega_e t + \varphi_2)$$

は上死点後のクランク角45°あるいは225°を検出するATDC45deg検出回路9の出力信号で動作を行うサンプルホールド回路6に第2次成分がサンプルホールドされ、

$$C_2 \cos \varphi_2$$

が出力される。この

$$C_2 \cos \varphi_2$$

は入設定器11から与えられた入を用いる乗算器10によって1/2入を掛けあわされる。この値とサンプルホールド回路6の出力信号

$$C_1 \cos \varphi_1$$

は加算器12で加算され、さらに係数πまたはπ/2が乗算器13で掛け合わされる。この結果乗算器13の出力は式(10)に表わされたPiとなり、出力端子14から出力される。

このような装置を用いた場合の第1次周波数成分および第2次周波数成分、さらにこれらを合成して得られる指圧線図の各理論値をコンピュータでシミュレートし、得られた結果を第2図に示す。

第3図は第2図に示した第1次成分および第2次成分についての理論値と第1図の装置により得られた両成分との誤差を図示したものである。同図からわかるようにこれらの誤差は5%以下で小さく、本発明の方法の精度は十分に高い。また、前述した表を参照すると、第2次成分までを用いれば実用上十分な精度を得ることができることが立証された。

第4図は本発明の他の実施例にかかるPiメータの構成の一部を示すブロック図である。同図は第1図におけるサンプルホールド回路の変形例を示すもので、帯域フィルタの出力

$$C_1 \sin(\omega_e t + \varphi_1) \text{ または } C_2 \sin(\omega_e t + \varphi_2)$$

$$C_1 \text{ または } C_2$$

を求める、これらから演算器24で

$$21 \quad C_1 \cos \varphi_1 = \sqrt{C_1^2 - C_1^2 \sin^2 \varphi_1}, \quad C_2 \cos \varphi_2 = \sqrt{C_2^2 - C_2^2 \sin^2 \varphi_2}$$

として算出可能である。

第5図は本発明の他の実施例にかかるPiメータの構成の一部を示すブロック図である。この構成では指圧波形を帯域フィルタに入力する前に微分器15で微分している点、加算器12の出力にVs情報を掛け合わせて図示出力Liを求める乗算器17、加算器12の出力からFVコンバータ5*

$$\frac{d}{dt} (P(h \omega_e t)) \rightarrow \omega_e C_1 \cos(\omega_e t + \varphi_1)$$

と

$$2\omega_e C_2 \cos(2\omega_e t + \varphi_2)$$

となる。

$$2\omega_e C_2 \cos(2\omega_e t + \varphi_2) = 2\omega_e C_2 \cos \varphi_2$$

となる。

上式には ω_e が含まれているため、乗算器18で $1/\omega_e$ はTであり、T=Te/hとなることを考慮すれば、図示出の演算が行われる。しかし、 ω_e をそのまま残しておけ★力Liは以下のように表わせる。

$$L_i = \frac{P_i V_s}{T} - V_s \frac{P_i}{\frac{1}{h} T e} = V_s \frac{h P_i}{T e} = V_s \frac{h P_i \omega_e}{2\pi}$$

したがって、

$$L_i = V_s \frac{\frac{1}{2}\omega_e}{2\pi} P_i = V_s \frac{\omega_e}{4\pi} \pi [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2]$$

$$= \frac{V_s \omega_e}{4} [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2] \quad (4\text{サイクル})$$

$$L_i = V_s \frac{\omega_e}{2\pi} P_i = V_s \frac{\omega_e \cdot \pi}{2\pi \cdot 2} [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2]$$

$$= \frac{V_s \omega_e}{4} [C_1 \cos \varphi_1 + \frac{1}{2\lambda} C_2 \cos \varphi_2] \quad (2\text{サイクル})$$

であり、4サイクル、2サイクルで同一式となる。以上の各実施例に示されたような簡単な測定装置を使用した場合、扱うデータが少ないため、大きなメモリ容量は不要でかつ演算時間も短くてすむため、実際の自動車に搭載して失火判定やエンジン制御のための情報を得ることができる。

以上の実施例においては種々の変形が可能である。

まず、帯域フィルタの中心周波数を変更するために実施例では例えば1°毎の回転を検出できるロータリエンコーダを用いているが、計測精度をそれ程要しない場合には何等かの形で回転を検出できるもの、例えば電子燃料噴射(EFI)用の回転ピックアップなどを使用することができます。さらに、間接的には点火(イグニッション)信号を使用することができます。

23

また、上述の実施例では高周波成分の検出にあたりクランク角 90° , 45° または 25° を用いたが、エンジンの特性により他のクランク角を選択することもできる。

また、実施例では、入力波形として指圧波形を用い、帯域フィルタなどの電気的な部品を用いて電気的に装置を構成したが、本発明はこのようなものに限られない。

すなわち、本発明は容積型機械において行程サイクルに関連する波動から周波数成分を抽出して合成することにより機械の作動状態に関連する情報が得られることを特徴としているのであり、この観点からは波動として機械的信号、例えば機関音を例えれば機械の任意の場所に取り付けられた音響ピックアップ、またはノックセンサやプラグワッシャ型インジケータなどを用いて取り出し、その出力信号を特定の周波数特性を有する機械的フィルタを通して周波数成分を得ることができる。この場合には前述した1次の周波数成分が中心となって必ずしも精度は良くはないが、この構成の場合には何等の演算を行うことなく情報が得られる利点がある。しかも、このような構成の場合、機械的フィルタの形状を適当に設計すれば音響ピックアップと一体化でき、非常に小形軽量化が可能となる。このような簡単な測定器はモニタ用としてならば十分使用可能である。

この機械的信号としては指圧波形に関連して生じるシリンドラブロックの変形信号なども利用することができます。

なお、図示平均有効圧 P_i に含まれる第1次成分と第2次成分とは P_i の増加とともに增加する傾向が見られる。発明者の実験によれば P_i と第1次成分との比は常に1.2前後の値を示している。したがって、上述の実施例における帯域フィルタは1つだけでも P_i を求めることが可能である。

さらに、上述の実施例では基本波成分および高周波成分を組合せた状態で取出しているが、振幅または位相だけでも機械の状態に関連した情報を取出すことが可能である。この場合は振幅は実施例に示した構成で、また位相は例えばゼロクロス回路とコンバレータを追加するだけで容易に求めることができる。

〔発明の効果〕

10

24

以上のように、本発明にかかる容積型機械の作動状態測定方法によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室内の圧力変化を表す指圧波形信号を、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前記基本波成分の整数倍の高周波成分を取り出す第2の帯域フィルタによりフィルタリングし、これらをそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングした瞬時値を次式にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わす図示平均有効圧力を求めるようにしたので、容積型機械の作動状態を簡便かつ高精度で知ることができます。

また、本発明にかかる容積型機械の作動状態測定装置によれば、作動状態にある容積型機械の行程サイクルに関連し、燃焼室内の圧力変化を表す指圧波形信号について、基本波成分を取り出す第1の帯域フィルタおよび前記基本波成分の整数倍の高周波成分を取り出す第2の帯域フィルタと、これらのフィルタによりフィルタリングした瞬時値をそれぞれ行程サイクルに関連した角度でサンプリングするサンプリング手段と、このサンプリング手段でのサンプリング結果を所定の式にしたがって合成して前記容積型機械の作動状態を表わす図示平均有効圧力を求める演算手段を備えたので、簡便な構成で高速に結果を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

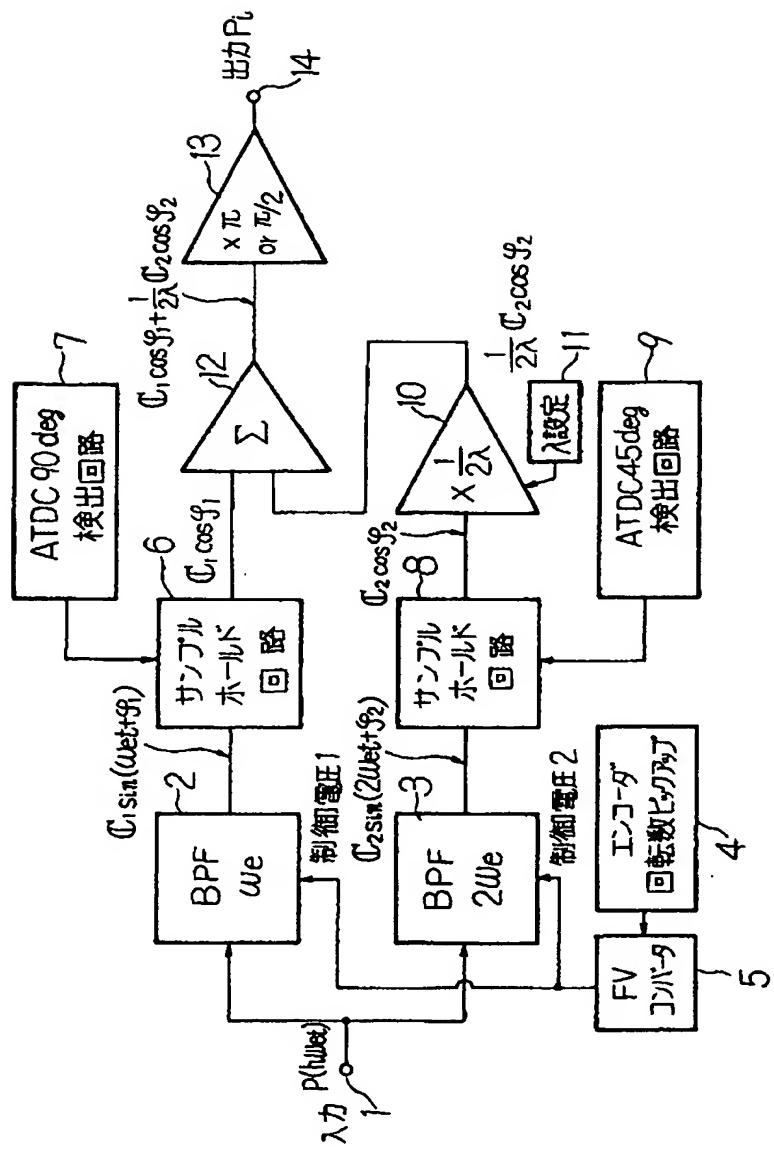
第1図は本発明にかかる容積型機械の状態測定装置の一実施例としての図示平均有効圧測定機構を示すブロック図、第2図は本発明の方法の理論値を示すグラフ、第3図は本発明の有用性を検証した示すグラフ、第4図は本発明にかかる容積型機械の状態測定装置の他の実施例の構成を示すブロック図、第5図は本発明にかかる容積型機械の状態測定装置の他の実施例の構成を示すブロック図である。

1……入力端子、2,3……帯域フィルタ、4……エンコーダ、5……FVコンバータ、6、8,21……サンプルホールド回路、7,7',9,23……角度検出回路、10,10',12,13,13',17,18,24……演算器、11……入設定器、14……出力端子、15……微分器、22……ピークホールド回路。

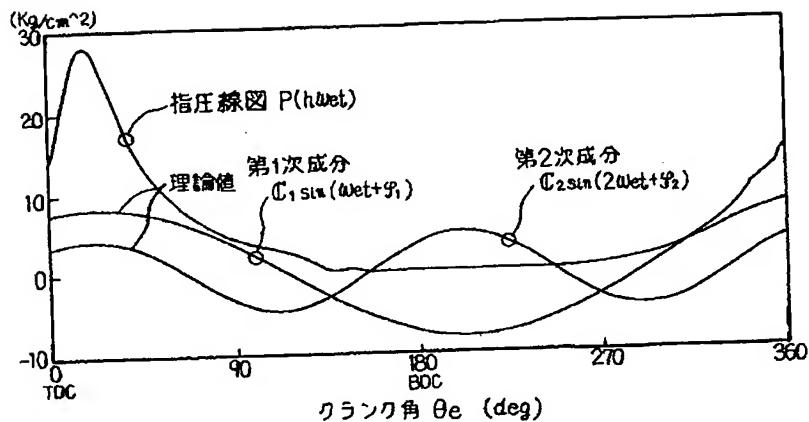
20

30

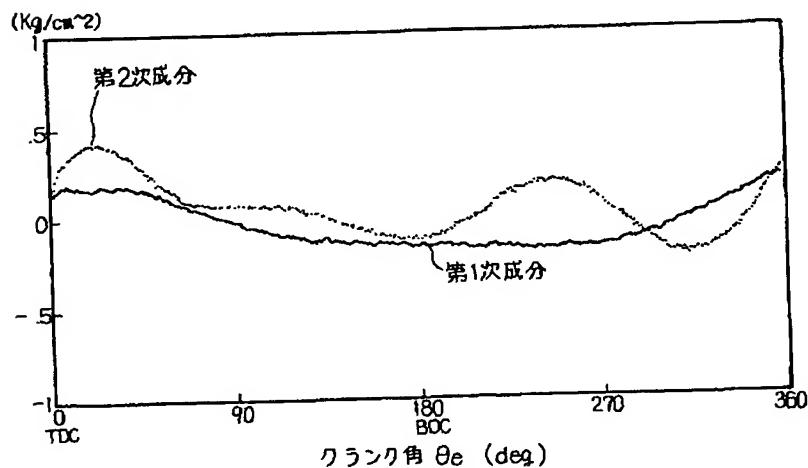
【第1図】



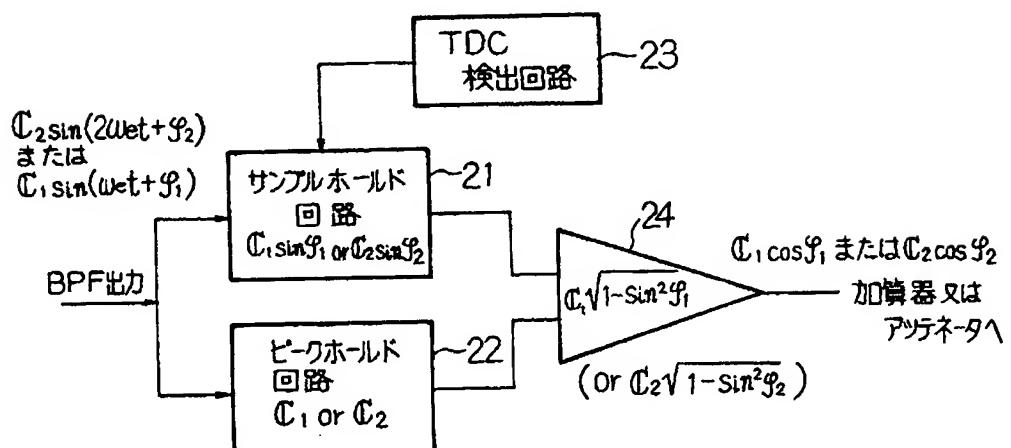
【第2図】



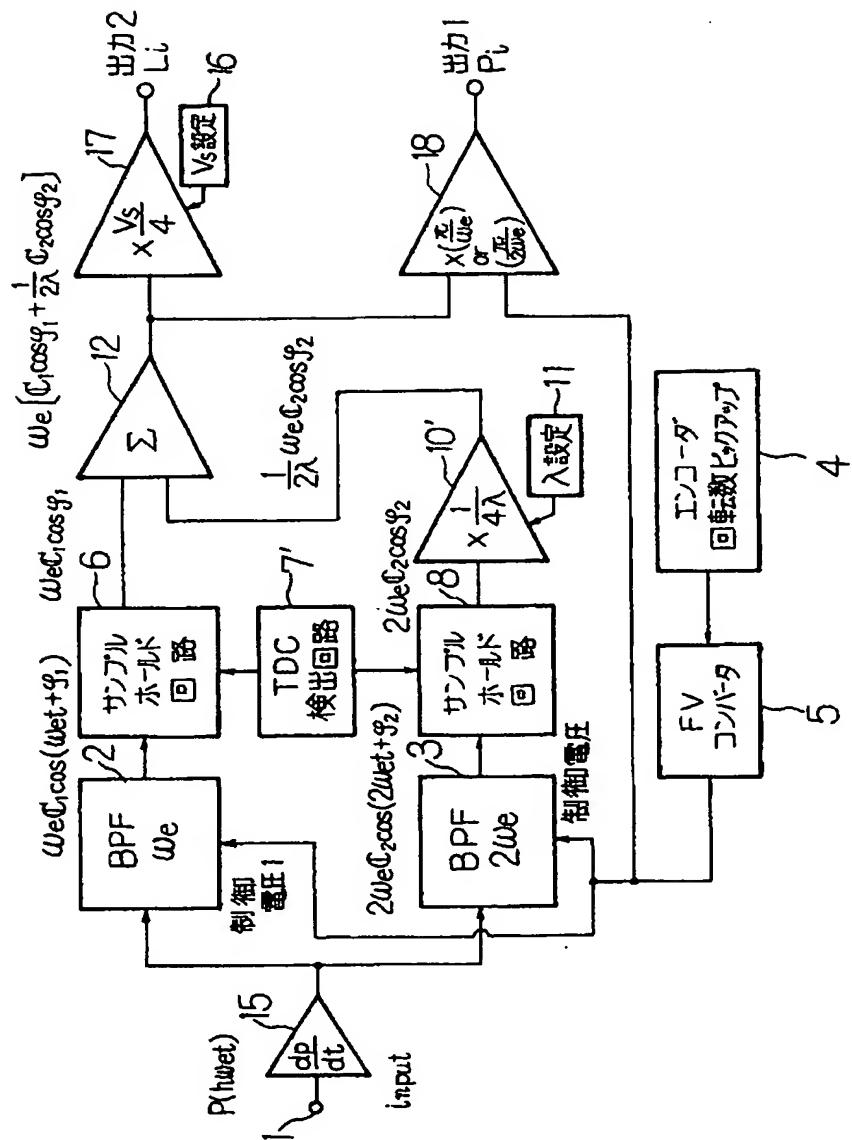
【第3図】



【第4図】



【第5図】



THIS PAGE BLANK (USPTO)